

A utilização de Poliestireno Expandido (EPS) como agregado no concreto

Matheus Alves Andrade¹, Paulo Roberto Dias², Yuri Schneider Xavier³, Rogério Gonçalves Sarmiento Junior⁴

Submissão: 03/11/2021

Aprovação: 20/04/2022

Resumo - O concreto vem sendo desenvolvido desde a idade média, a fim de suprir as necessidades da sociedade moderna em diferentes casos, sendo um deles em relação a redução do peso das estruturas de alvenaria. O presente estudo consiste na análise do concreto leve com a utilização de poliestireno expandido (EPS) como agregado graúdo, com o intuito de aferir suas propriedades de consistência, massa específica e resistência à compressão, seguindo as especificações estabelecidas pelas normas brasileiras. A aplicação do EPS reciclado como substituição ao agregado graúdo do concreto convencional pode ser utilizado como alternativa mais sustentável na construção civil, além de acrescentar propriedades térmicas e acústica ao concreto. Foram utilizadas 3 dosagens diferentes nos estudos, tendo como diferencial entre elas a proporção de poliestireno expandido (EPS) reciclado, utilizada como agregado graúdo na mistura. Usou-se um total de 18 corpos de prova, em que foram distribuídos em 6 peças para cada amostra de dosagem para o rompimento nas idades de 7, 21 e 28 dias. Com os resultados do estudo, verificou-se uma relação inversamente proporcional entre a resistência à compressão do concreto e a quantidade de EPS em sua mistura, na qual quanto maior o volume de poliestireno expandido no concreto, menor sua resistência.

Palavras-chave: Concreto leve. Poliestireno expandido. EPS. Concreto leve com EPS.

The use of Expanded Polystyrene (EPS) as an aggregate in concrete

Abstract - Concrete has been developed since the Middle Ages, in order to meet the needs of modern society in different cases, one of which is in relation to reducing the weight of masonry structures. The present study consists of the analysis of lightweight concrete with the use of expanded polystyrene (EPS) as coarse aggregate, in order to assess its properties of consistency, specific mass and compressive strength, following the specifications established by Brazilian standards. The application of recycled EPS as a replacement for the coarse aggregate of conventional concrete can be used as a more sustainable alternative in civil construction, in addition to adding thermal and acoustic properties to the concrete. Three different dosages were used in the studies, with the difference between them being the proportion of recycled expanded polystyrene (EPS) used as coarse aggregate in the mixture. A total of 18 specimens were used, which were distributed into 6 pieces for each dosage sample, for rupture at the ages of 7, 21 and 28 days. With the results of the study, there was an inversely proportional relationship between the compressive strength of concrete and the amount of EPS in its mixture, in which the greater the volume of expanded polystyrene in the concrete, the lower its strength.

Keywords: Lightweight concrete. Expanded polystyrene. EPS. Lightweight concrete with EPS.

1 Acadêmico do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capixaba da Serra (Multivix Serra). E-mail: matheus123@hotmail.it

2 Acadêmico do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capixaba da Serra (Multivix Serra). E-mail: pr.diasrocha@gmail.com

3 Acadêmico do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capixaba da Serra (Multivix Serra). E-mail: schneider.yuri@hotmail.com

4 Mestre em estruturas/Geotecnia, Coordenador acadêmico e Professor orientador Multivix - Serra. E-mail: rogeriosarmientojunior@gmail.com

INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais conhecidos e mais utilizados para fins de construção. Esse material é utilizado para fornecer resistência, durabilidade e versatilidade durante a construção de uma estrutura. Essas excelentes propriedades tornaram o concreto uma escolha confiável e duradoura das empresas de construção, tanto para o tipo comercial quanto para o doméstico (HANSON, 2020).

Atualmente, a mistura de concreto é feita utilizando o cimento Portland como material aglomerante. No entanto, em seu surgimento, durante o império romano, a pozolana era utilizada como material aglomerante do concreto. Além da pozolana, o concreto romano era composto por cal, areia, cacos de pedras calcárias e água. Em 1824, na Inglaterra, o cimento Portland foi inventado e desde então vem sendo desenvolvido e pesquisado. Com esse cimento, surgiu o concreto moderno, que é a mistura de concreto que vem sendo utilizada no momento presente (GROMICKO; SHEPARD, 2011).

Com a progressão das inovações tecnológicas na indústria da construção civil, cada vez mais vem sendo pesquisado e desenvolvido materiais multifuncionais e de alto desempenho. Aliado a isso, há o desenvolvimento de materiais e práticas mais ecológicas, que sejam também economicamente viáveis, visando a preservação do meio ambiente por meio da redução do impacto da exploração de recursos e diminuição dos resíduos da construção (ROSEN, 2012).

Um material que teve um aumento na sua utilização em diversos setores das obras é o poliestireno expandido (EPS). Esse material pode ser empregado em sistemas isolantes de coberturas, nivelamento de lajes, pavimentos, paredes e em obras de diversos tipos (AMIANI; BOTARO, 2008). O EPS pode ser adicionado à mistura do concreto, que é conhecida como concreto leve com EPS (CARVALHO; MOTTA, 2019).

Os recursos utilizados na engenharia são obtidos do meio ambiente, e os resíduos de processos de engenharia são normalmente descartados ao meio ambiente. No entanto, com o crescente aumento dos problemas ambientais, vários países vêm investindo em pesquisas na área da sustentabilidade ambiental, econômica e social. Na área da construção, uma das tendências de estudo é o emprego de materiais reciclados e resíduos, como o plástico, borracha, vidro,

dentre vários outros resíduos próprios da construção, e o EPS, tema deste trabalho (HANSON, 2020).

O artigo foi desenvolvido por meio de estudos e ensaios com o concreto leve, mistura formada com a utilização do poliestireno expandido (EPS) substituindo o agregado graúdo na mistura do concreto, como material alternativo ao concreto convencional, visando a redução do impacto ambiental, sugerindo sua aplicabilidade na construção de estruturas e as vantagens e desvantagens de sua aplicação.

Demonstrar a aplicabilidade e os benefícios do uso do concreto leve com EPS como alternativa para a execução de alvenarias não estruturais, por meio da análise de suas características e propriedades, indicando os elementos que compõe o concreto leve com EPS, examinando as características e a resistência à compressão das amostras moldadas e rompidas e apresentando possíveis aplicações do concreto leve em elementos da construção.

O objetivo geral deste trabalho é realizar a análise do concreto leve com a utilização de poliestireno expandido (EPS) como agregado graúdo, a fim de aferir suas propriedades de consistência, massa específica e resistência a compressão, seguindo as especificações estabelecidas pelas normas brasileiras.

REFERENCIAL TEÓRICO

CIMENTO PORTLAND

Segundo Battagin (2018), o cimento Portland foi desenvolvido e patenteado pelo construtor inglês Joseph Aspdin, em 1824, na região de Portland, na Inglaterra. E, de acordo com Battagin (2010), os primeiros estudos relacionados à fabricação desse cimento, no Brasil, ocorreram em 1888, por meio do comendador Antônio Proost Rodovalho, que buscava instalar uma fábrica em Sorocaba, SP.

O Cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes que endurece por reação química com a água. Ele é composto por clínquer, seu principal componente, e adições, que variam para cada diferente tipo de cimento, podendo ser gesso, escórias de alto-forno, materiais pozolânicos e materiais carbonáticos (BATTAGIN, 2018).

Gross e Wayne (2020) afirmam que a hidratação ci-

mentícia é um processo fundamental para o cimento, onde, por meio de reações químicas entre o cimento e a água, alguns compostos químicos são produzidos, como o silicato de cálcio hidratado (tobermorita), hidróxido de cálcio (portlandita) e aluminatos de cálcio hidratados (etringita).

Conforme Faria, Silva e Campos (2019), o tempo de cura influencia de forma expressiva na deterioração da estrutura durante todo o seu período de vida útil, sendo que quanto maior for o tempo de cura maior, menor será a frente de carbonatação.

AGREGADOS

Agregados usados na construção são, em sua maioria, materiais de origem mineral, sólidos e não reagentes que são utilizados para fabricação de produtos artificiais resistentes (tais como concreto) de acordo com sua granulometria, tendo adição de materiais finos e aglomerantes (como gesso e areia) reativos à água ou com outros ligantes com reação a materiais betuminosos (ALMEIDA; LUZ, 2009).

Os agregados são componentes indispensáveis na produção do concreto e eles são classificados segundo a sua granulometria e o seu peso. Barbosa et al. (2018) ressaltam a importância desses componentes no resultado final do concreto. As características dos agregados, como a composição granulométrica, a massa específica, a forma e a textura superficial dos agregados, possuem expressiva influência nas propriedades do concreto no estado fresco (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Fabro et al. (2011) observaram que a forma dos grãos dos agregados miúdos influencia a coesão e a textura, sendo que os agregados mais arredondados proporcionam concretos com maior fluidez, melhor coesão e textura superficial, enquanto os agregados com formatos lamelares influenciam negativamente na consistência do concreto, e os grãos com texturas ásperas dificultam a trabalhabilidade do concreto.

O tipo do agregado graúdo tem influência direta com a resistência e o módulo de elasticidade e deformação do concreto, sendo que quanto mais poroso for o agregado utilizado, menor será a resistência do concreto (ZHOU; BARR; LYDON, 1995). Pompeu Neto, Oliveira e Ramos (2011) fortalecem a teoria, concluindo que o módulo de deformação é influenciado pela natureza do agregado graúdo.

Para Giaccio (1992), a presença dos agregados cria uma zona fraca, chamada de zona de transição, onde inicia-se o crescimento das fissuras, e a diferença de dureza entre o agregado e a pasta cimentícia provocam a concentração de tensões nessa zona. Esse mesmo autor ainda afirma que quanto maior o tamanho do agregado graúdo, maior serão esses efeitos, principalmente em agregados com dimensões maiores que 5 milímetros.

POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

O poliestireno expandido (EPS) foi descoberto em 1949 nos laboratórios da Basí, na Alemanha, por meio dos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz. Esse produto é produzido por meio da polimerização do estireno em água e do emprego do pentano, como agente expander. Após o EPS ser expandido, seu volume apresenta 98% de ar e apenas 2% de poliestireno (ABRAPEX, 2006).

O EPS é um plástico celular rígido leve, que consiste em pérolas de até 3 milímetros de diâmetro. Na construção, o EPS apresenta diversas vantagens, como: baixa densidade e baixa absorção de água, resistência mecânica, resistência à compressão, baixa condutividade térmica, entre outras (ABRAPEX, 2006).

O poliestireno expandido é um material que pode ser reciclado pelo processo mecânico (físico) ou químico, podendo ser 100% reaproveitado. Dessa forma, esse material pode ser utilizado como uma alternativa mais sustentável durante o preparo do concreto, reutilizando e empregando um material que causa um grande impacto na natureza quando descartado e reduzindo a utilização de recursos minerais (ABRAPEX, 2006).

Na construção civil, o EPS já vem sendo empregado em diversas áreas, como lajes nervuradas, lajes industrializadas, forros isolantes, painéis divisórios, fundações para estradas, juntas de dilatação, drenagem, blocos vazados, nivelamento de lajes, calçadas, e como composição do concreto leve (ATEX, 2019).

CONCRETO E CONCRETO LEVE

O concreto moderno é resultado da mistura do aglomerante (cimento) com agregados miúdos (areia) e graúdos (brita) e água, porém aditivos também podem ser incorporados à mistura para variadas finalidades (HANSON, 2020).

Para Giaccio et al. (1992), as propriedades do concreto irão depender das propriedades dos componentes utilizados na mistura e da interação entre eles. O consumo do cimento interfere de forma expressiva não somente na resistência da mistura, mas também na frente de carbonatação. Sendo que quanto maior a relação água/cimento empregada na mistura, maior será a frente de carbonatação da mistura e a porosidade (FARIA; SILVA; CAMPOS, 2019).

De acordo com Araújo (2014), a resistência do concreto endurecido irá depender de vários fatores, dentre eles o consumo de cimento e de água da mistura, o grau de adensamento, os tipos de agregados e de aditivos. Ainda, segundo esse autor, com um consumo maior de cimento ou uma relação água-cimento menor, a resistência à compressão do concreto tende a ser maior, pois a relação água-cimento determina a porosidade da pasta de cimento endurecida, a qual está ligada com as propriedades mecânicas do concreto.

Para Siqueira et al. (2018), sua qualidade final está diretamente relacionada aos seus materiais utilizados durante sua composição. Sendo assim, a sua capacidade de resistir aos esforços solicitantes vem de maior parte, da forma como o concreto é confeccionado e da quantidade e qualidade de material utilizado.

Segundo Hanson (2020), parte da utilização dos recursos naturais utilizados na composição do concreto são derivados da degradação do meio ambiente, isto é, são obtidos por meio da depreciação da natureza.

Com o avanço do setor de construção, foi desenvolvido o concreto leve. Seu nome é devido ao resultado da substituição dos agregados pesados (exemplo: a brita e areia) por componentes mais leves, que faz com que o concreto possua como característica uma massa específica mais leve (COSTA; GOMES, 2020).

A adição de EPS nas misturas de concreto provocam um aumento na trabalhabilidade, na absorção por imersão, na taxa de vazios e provoca a redução da absorção por capilaridade em relação ao concreto com agregados minerais. Também se mostrou mais eficaz na redução da temperatura que o concreto convencional (CARVALHO; MOTTA, 2019).

Uma das vantagens na utilização desse tipo de concreto, segundo Costa e Gomes (2020), é que ele é capaz de reduzir significativamente o gasto na etapa da fundação da estrutura, pois o impacto final da es-

trutura ao solo seria bem inferior devido à redução de peso na estrutura se comparada ao concreto convencional.

Para Gonçalves e Vasconcelos (2019), a mistura de concreto leve com poliestireno expandido pode ser empregada em sistemas estruturais e em sistemas de vedação, inclusive para a produção de blocos.

O concreto leve também apresenta vantagens em relação ao convencional quando é preciso executar grandes vãos, como em pontes, lajes e coberturas, e para execução de elementos flutuantes, como docas e plataformas petrolíferas, devido a sua massa específica inferior que ocasiona a redução do peso final da estrutura (ATEX, 2019).

Para Strecker, Silva e Panzera (2014), a quantidade de EPS a ser utilizada no concreto influencia significativamente nas propriedades de resistência mecânica, densidade, módulo de elasticidade, porosidade, dentre outros. Sendo que o EPS pode ser substituído pelo EPS reciclado, pois o reciclado apresenta desempenhos similares ao do EPS em pérolas (CARVALHO; MOTTA, 2019).

Para o Instituto Americano do Concreto (ACI), para o concreto leve ser considerado estrutural, é necessário que, no 28º dia, a mistura atinja uma resistência à compressão igual ou superior a 17Mpa, e densidade entre 1400 e 1840kg/m³. Os concretos que tiverem resistência inferior a 17Mpa e densidade inferior a 1400kg/m³ são considerados concretos leves não estruturais (HEDJAZI, 2019).

MATERIAIS E MÉTODO

De acordo com os objetivos propostos nesta pesquisa, este trabalho foi classificado como uma pesquisa de natureza aplicada, que objetiva gerar conhecimento para aplicação prática do concreto leve com poliestireno expandido (EPS). A forma de abordagem da pesquisa é quantitativa e com objetivos descritivos, utilizando-se dos procedimentos técnicos de pesquisa experimental em laboratório, por meio da moldagem e rompimento de corpos de prova de concreto leve.

Visando reduzir a carga estrutural em uma determinada obra, uma das soluções encontradas é o uso do concreto leve, que, além de contribuir com a en-

genharia sustentável, é capaz de proporcionar também um maior conforto térmico devido ao produto de suas reações químicas, o que o torna um excelente material isolante, capaz de atender de forma satisfatória a Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 14432/2001: Exigências De Resistência Ao Fogo De Elementos Construtivos De Edificações Procedimento, em situações de incêndio (ABNT, 2001).

Essa diferença de massa em relação ao convencional pode trazer vantagens durante o processo de execução da construção, como um manuseio facilitado, e após a obra estar finalizada, como uma redução significativa no peso da construção, além do EPS no concreto leve elevar o desempenho térmico e acústico. O concreto leve, que pode ser definido quanto a sua aplicação, sendo elas: concreto aerado, concreto celular e o concreto leve estrutural, sendo este último, mais especificamente, o concreto

leve com poliestireno expandido (EPS) como agregado graúdo.

A utilização do EPS na mistura do concreto para a formação do concreto leve, embora ainda pouco utilizada, apresenta diversas vantagens, segundo os estudos já realizados na área. Sua principal vantagem em relação ao concreto convencional é a sua massa específica, que, segundo a norma ABNT NBR 12655:2015, apresenta massa específica seca inferior a 2.000kg/m^3 , enquanto o convencional apresenta valores entre 2.000kg/m^3 e 2.800kg/m^3 (ABNT, 2015). Uma versão mais antiga dessa norma, a de 2006, aponta ainda que o concreto leve pode chegar até a 800kg/m^3

Para a coleta de dados por meio do controle tecnológico das amostras produzidas, seguiu o fluxograma das atividades, conforme mostrado na Figura 1.

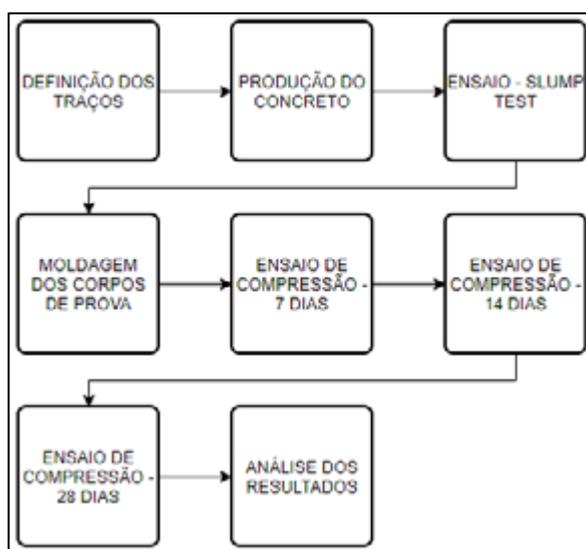


Figura 1. Fluxograma das etapas do controle tecnológico

Fonte: Próprio autor

COLETA DE DADOS E CONTROLE TECNOLÓGICO

Para a produção das amostras de concreto leve, foi utilizado água; como aglomerante, foi utilizado o Cimento Portland CP III 40RS, com classe de resistência de 40Mpa; como agregado miúdo, a areia branca média, devidamente caracterizada com suas definições avaliadas conforme requisitos da ABNT NBR 7211:2019; e como agregado graúdo, pérolas de poliestireno expandido (EPS) reciclado (ABNT, 2019). A mistura foi produzida manualmente pelos integrantes

com o auxílio de uma betoneira no laboratório de materiais de construção da Faculdade Multivix de Vitória, ES.

O preparo das amostras de concreto foi realizado em betoneira, respeitando a sequência de lançamento dos materiais na betoneira e o tempo de amassamento do concreto, seguindo os procedimentos conforme ASTM C 192 (2014), (Figura 2). Após finalizar a betonada e respeitando o período de repouso, o concreto será lançado nos moldes.



Figura 2. Betoneira ASTM C 192 do laboratório
Fonte: Próprio autor

Para a verificação da trabalhabilidade do concreto leve, baseado na NBR 16889:2020 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, o grupo realizou o ensaio Slump test (ABNT, 2020). Para esse ensaio, foi utilizado um molde troncocônico, com diâmetro da base de 200mm, diâmetro do topo de 100mm, e altura de 300mm, uma haste de compactação para o adensamento do concreto e amostra do concreto a ser ensaiado.

Para o ensaio do Slump test, foi obedecido os critérios estabelecidos pela norma NBR 16889 de 2020 (ABNT, 2020). O preenchimento do molde umedecido ocorreu em três camadas, sendo que cada camada receberá 25 golpes da haste de compactação para o adensamento do concreto, distribuídos uniformemente sobre a seção da camada. Depois do preenchimento e adensamento das três camadas, o topo foi rasado para não interferir nos resultados. O molde foi retirado com movimento constante para cima, com tempo de 5 a 10 segundos. Após a retirada do molde, foi medido, imediatamente, o abatimento do concreto, que é a diferença entre a altura do molde e a altura do corpo de prova desmoldado.

Para a verificação da Resistência Característica do Concreto à Compressão, baseado na NBR 5739:2018 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos, foi realizado o ensaio de compressão do concreto leve. Para esse ensaio, foi utilizado um molde cilíndrico, com diâmetro de 100mm e altura de 200mm, haste de compactação, prensa, água para a imersão dos corpos de prova e amostra do concreto a ser ensaiado (ABNT, 2018). Foram preparadas 3 amostras de concreto leve com

EPS de 3 diferentes traços. Serão moldados 6 corpos de prova, ao todo, para cada amostra. O rompimento ocorreu nas idades de 7, 14 e 28 dias, sendo que para cada idade foram rompidos 3 corpos de prova de cada amostra.

Para a moldagem dos corpos de prova, foi respeitado os critérios estabelecidos pela norma NBR 5738 de 2015 (ABNT, 2015). O preenchimento do molde umedecido ocorreu em duas camadas, sendo que cada camada receberá 12 golpes da haste de compactação para o adensamento do concreto, distribuídos uniformemente sobre a seção da camada. Depois do preenchimento e adensamento das duas camadas, o material sobressalente ao topo foi rasado e os corpos de prova foram identificados contendo o número, data e horário da moldagem. Os corpos ficaram armazenados de forma protegida, a evitar a perda de umidade. Após 7 dias, os corpos de prova foram retirados do molde e imergidos em um tanque com água para a cura.

Quando amostras atingirem a idade de 7 dias, foram retirados dois corpos de prova de cada para o ensaio de compressão. O mesmo ocorreu quando atingirem a idade de 14 dias. E, por fim, os últimos dois corpos de prova de cada traço na idade de 28 dias. Para o ensaio de compressão, foi obedecido os critérios estabelecidos pela norma NBR 5739 de 2018 (ABNT, 2018). Para o início do ensaio, a prensa e os corpos de prova a serem rompidos foram preparados, devendo estar limpos e secos. Após o preparo, os corpos de prova foram posicionados cuidadosamente centralizados no prato inferior. O carregamento foi

aplicado de forma contínua e com velocidade constante durante todo o ensaio até o momento da ruptura. Em seguida, foi registrado a força aplicada máxi-

ma alcançada e o tipo de ruptura. Posteriormente a esse ensaio, foi calculada a resistência à compressão, em megapascals (Mpa), conforme equação 1.

$$F_{ck} = \frac{4 * \text{Força máxima alcançada}}{\pi * (\text{diâmetro do corpo de prova})^2} \quad (1)$$

TRATAMENTO DOS DADOS

Os parâmetros estatísticos básicos, como as dimensões do corpo de prova, número da amostra, peso, traço da mistura, resistência média, desvio padrão e coeficiente de variação do ensaio, e os dados obtidos por meio dos ensaios realizados, foram expostos por meio de tabelas. Também foi elaborado o gráfico da curvatura de resistência do concreto. Por meio desses dados, foi realizada a análise e avaliação do desempenho do material estudado.

DESENVOLVIMENTO

Materiais

Na fabricação das misturas, empregou-se o Cimento

Portland de alto-forno e resistente a sulfato e classe de resistência de 40MPa (CP III 40 RS), fabricado pela empresa Holcim na linha Mauá Forte – Ultra resistência.

Como agregado miúdo, foi utilizada a areia natural proveniente do estado do Espírito Santo. A Tabela 1 apresenta a composição granulométrica, e a Figura 3 apresenta a curva granulométrica da areia, segundo as prescrições da ABNT NBR 248:2003 (ABNT, 2003). Por meio do peneiramento, foi encontrado o valor de 2,00 milímetros de diâmetro máximo característico, e 2,32% de módulo de finura.

Tabela 1. Composição Granulométrica da areia natural

Nº PEN.	Abertura da Peneira (mm)	% retida	% retida acum.
4	4,760	0,33%	0,33%
8	2,380	0,87%	1,20%
16	1,190	8,94%	10,14%
30	0,590	32,36%	42,50%
50	0,297	37,95%	80,45%
100	0,149	17,28%	97,73%
	FUNDO	2,27%	100,00%

Fonte: Próprio autor

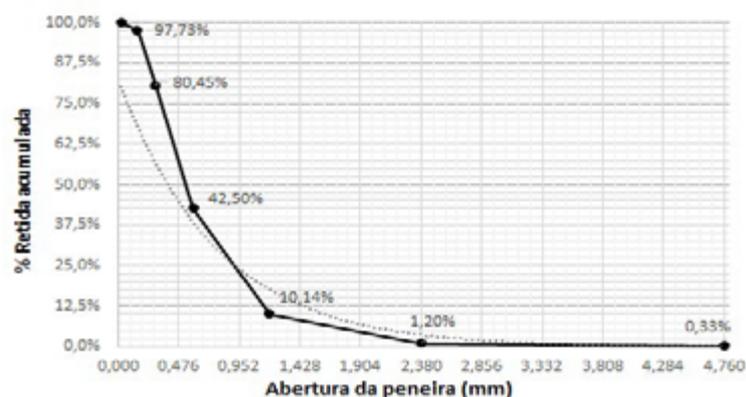


Figura 3. Curva Granulométrica da areia

Fonte: Próprio autor

Como agregado graúdo, foi utilizado o poliestireno expandido (EPS) reciclado, com diâmetro nominal de 3 milímetros e diâmetro máximo característico

encontrado no peneiramento de 4,76 milímetros. A Tabela 2 apresenta a composição granulométrica do EPS.

Tabela 2. Composição granulométrica do EPS

Nº PEN.	Abertura da Peneira (mm)	% retida	% retida acum.
1 1/2	38,100	0,00%	0,00%
3/4	19,000	8,33%	8,33%
3/8	9,500	61,67%	70,00%
4	4,760	0,67%	70,67%
8	2,380	26,67%	97,33%
	FUNDO	2,67%	100,00%

Fonte: Próprio autor

O adesivo utilizado foi o aquoso à base de poliacetato de vinila (PVA) de extra resistência (Figura 4). Uti-

lizou-se desse adesivo para promover uma melhor união entre o EPS e a argamassa



Figura 4. EPS reciclado e Adesivo PVA

Fonte: Próprio autor

Produção dos concretos

Para a dosagem dos concretos leves, foi utilizado conjuntamente cimento Portland CPIII, areia natural, poliestireno expandido (EPS), adesivo PVA e água. Com esses materiais, foram definidos 3 traços dis-

tintos com o objetivo de se obter amostras com diferentes massas específicas e verificar o impacto da quantidade de EPS em relação à resistência à compressão das amostras produzidas. A Tabela 3 demonstra a dosagem utilizada na mistura das amostras para cada um dos traços adotados.

Tabela 3. Dosagem dos concretos leves

Traço	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	EPS (L)	Adesivo (Kg)	Água (L)
1	17,50	28,00	32,50	0,05	12,70
2	12,25	20,45	13,66	0,10	3,90
3	12,25	20,45	6,82	0,10	4,10

Fonte: Próprio autor

Foi utilizada uma betoneira de eixo inclinado CS 150, com capacidade de 150 litros e rotação do tambor de 34 RPM, previamente umedecida para a mistura dos concretos. Para a produção das amostras, no início da mistura introduziu-se na betoneira o poliestireno

expandido (EPS). Em seguida, a água com o adesivo PVA diluído. Logo após, a areia. E, por fim, o cimento Portland. Após todos os materiais inseridos na betoneira, misturou-se por aproximadamente 5 minutos até a homogeneização do concreto (Figura 5).



Figura 5. Concreto após o amassamento

Fonte: Próprio autor

Posteriormente ao amassamento da mistura, foi observado que a amostra de concreto produzida para o traço 1 apresentou uma mistura heterogênea e com alta fluidez/baixa consistência. Por causa disso ocorreu o fenômeno de segregação do poliestireno expandido (EPS) da argamassa. Já as amostras de concreto produzidas para os traços 2 e 3 apresentaram uma mistura homogênea, coesa, com boa trabalhabilidade e sem o fenômeno de segregação dos materiais.

Ensaio

Para cada traço de concreto produzido, foi realizado o ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump test), como apresentado na Figura 6, a fim de medir a consistência e a fluidez da mistura. Não foi possível realizar o slump test para o traço 1 em razão da mistura não apresentar consistência suficiente para a realização do ensaio.



Figura 6. Enchimento de corpo de prova tronco-cônico

Fonte: Próprio autor

Em seguida ao ensaio de abatimento, moldou-se os corpos de prova em cilindros de diâmetro nominal de 100mm e altura nominal de 200mm (Figura 7). A desforma foi realizada após 24 horas da moldagem, e os moldes sendo imersos após 7 dias da cura inicial pela ausência de câmara úmida na unidade para a

conservação dos corpos de prova. Os corpos de prova permaneceram em cura até a data de rompimento.

Com o concreto seco, verificou-se a densidade de cada traço, sendo ela $773,57\text{kg/m}^3$ para o traço 1, $1.628,39\text{kg/m}^3$ para o traço 2, e $1.812,11\text{kg/m}^3$ para

o traço 3. Todas as densidades encontradas são notadamente inferiores a de concretos convencionais e

se enquadram no intervalo estabelecido pela norma para a denominação de concreto leve.



Figura 7. Preenchimento do molde com concreto

Fonte: Próprio autor

A resistência à compressão dos corpos de prova foi determinada seguindo os métodos e especificações da norma ABNT NBR 5739:2018 (ABNT, 2018). Cada corpo de prova foi aferido utilizando um paquímetro digital e rompido com o auxílio de uma prensa hi-

dráulica de 2012, com capacidade para 100 toneladas e classe 1 presente no laboratório da Multivix. Esse equipamento, porém, necessitava de uma revisão e manutenção, como apresentado na Figura 7, pois apresentava um vazamento de óleo hidráulico.



Figura 8. Vazamento de óleo hidráulico na prensa

Fonte: Próprio autor

Para a determinação dos valores de resistência à compressão, havia sido planejado o rompimento das amostras com as idades de 7, 14 e 28 dias. Porém, devido ao não funcionamento do laboratório da faculdade nas datas em que os corpos de prova atingiram a idade de 14 dias, necessitou-se da alteração do planejamento para o rompimento com as idades de 7, 21 e 28 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar do fator água-cimento baixo, os traços 2 e 3 apresentaram coesão e boa consistência, resultando em uma boa trabalhabilidade para a moldagem dos corpos de prova. Já o traço 1, que apresentou um fator água-cimento pouco acima da faixa de boa trabalhabilidade para concretos convencionais (0,4 a 0,7), teve uma mistura muito fraca (Tabela 4)

Tabela 4. Resultado do *slump test*

Traço	Fator água-cimento	Abatimento (mm)
1	0,726	~
2	0,318	70
3	0,335	70

Fonte: Próprio autor

Para a determinação da resistência à compressão dos corpos de prova, adotou-se a gravidade como 9,801m/s², e como capeamento utilizou-se discos de Neopreme. Aplicou-se uma carga com velocidade de

carregamento constante até ser cessado pela ruptura do corpo de prova. A Figura 9 apresenta a aferição da carga de necessária para ruptura do corpo de prova.



Figura 9. Ruptura de corpo de prova

Fonte: Próprio autor

O Quadro 1 contém os dados e aferições detectados durante a execução dos ensaios, onde comprovou-se que a segregação de material no traço 1 comprometeu totalmente a sua resistência.

cimento de aproximadamente 17,09% de resistência dos 7 aos 21 dias de idade, enquanto o traço 1 apresentou um crescimento de 75,9% nesse mesmo período. O crescimento de resistência dos 21 aos 28 dias de idade deu-se de aproximadamente 7,48% para os traços 1 e 2, e para o traço 3 de 4,48%.

Os traços 2 e 3 apresentaram uma média de cres-

TRAÇO	Nº CP	DATA DE RUPTURA	IDADE (dias)	LEITURA (Tf)	ÁREA (mm ²)	Fck (Mpa)	TIPO DE RUPTURA	DIM. REAIS DO CP (mm)	
								DIÂMETRO (mm)	ALTURA (mm)
1	1	04/10/2021	7	0,32	7889,36	0,398	F	100,23	197,00
	2	04/10/2021	7	0,29	7693,48	0,369	E	98,97	199,66
2	3	05/10/2021	7	7,71	7838,28	9,641	D	99,90	199,51
	4	05/10/2021	7	7,38	7987,43	9,056	F	100,85	201,18
3	5	05/10/2021	7	12,32	7724,61	15,632	E	99,17	200,64
	6	05/10/2021	7	12,67	7853,98	15,811	F	100,00	194,87
1	7	18/10/2021	21	0,42	7785,33	0,529	D	99,56	197,00
	8	18/10/2021	21	0,65	7767,82	0,820	E	99,45	199,66
2	9	19/10/2021	21	9,13	7883,33	11,351	G	100,19	198,41
	10	19/10/2021	21	8,90	8048,37	10,838	F	101,23	197,96
3	11	19/10/2021	21	14,99	7513,74	19,553	G	97,81	198,90
	12	19/10/2021	21	13,22	7730,37	16,761	G	99,21	195,00
1	13	25/10/2021	28	0,46	7819,14	0,577	E	99,78	192,15
	14	25/10/2021	28	0,69	7775,32	0,870	F	99,50	195,25
2	15	26/10/2021	28	9,60	7977,45	11,794	G	100,78	198,00
	16	26/10/2021	28	9,88	7996,94	12,109	G	100,91	197,48
3	17	26/10/2021	28	16,07	7901,17	19,934	D	100,30	200,30
	18	26/10/2021	28	13,95	7592,76	18,007	G	98,32	198,16

Quadro 1. Resultados do ensaio de resistência à compressão (fck)

Fonte: Próprio autor

Devido a segregação do EPS na mistura do traço 1, os corpos de prova apresentaram baixas resistências e valores irregulares entre as idades por conta da

criação de zonas de segregação do EPS, conforme demonstrado pela Figura 10.



Figura 10. Corpos de prova dos traços 1, 2 e 3 com 21 dias.

Fonte: Próprio autor

Observa-se na Figura 11 que os traços com menos EPS atingiram as maiores resistências.

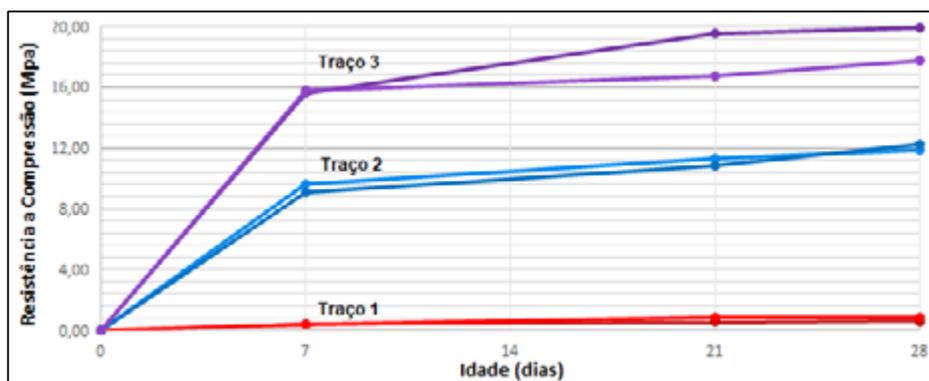


Figura 11. Curvatura de resistência do concreto

Fonte: Próprio autor

Por meio da análise dos valores apresentados no Quadro 1 e da curvatura de resistência do concreto no Figura 11, nota-se que as amostras de concreto apresentaram uma redução em seus valores de resistência à compressão devido ao aumento da quantidade de EPS na mistura (STRECKER; SILVA; PANZERA, 2014).

Com os resultados obtidos em laboratório, constatou-se que o concreto leve com EPS necessita de ainda mais cuidados em relação a sua dosagem de água que o concreto convencional, tendo em vista que o seu excesso, como observado no traço 1, produz um

concreto heterogêneo onde as pérolas de EPS emergem na mistura, enquanto a argamassa adensa no fundo, produzindo um sólido com baixa coesão e afetando consideravelmente a sua resistência.

CONCLUSÃO

O excesso de água na mistura pode tornar o concreto leve com EPS inutilizável, como verificado no traço 1 do experimento. Sugere-se necessidade de cuidados na definição da dosagem de água para que não seja produzido uma estrutura frágil.

As amostras produzidas, baseando-se no traço 3, superam os valores mínimos de resistência à compressão (fck) e se enquadram no intervalo de densidade exigido pelo Instituto Americano do Concreto (ACI), podendo esse traço ser considerado como um concreto leve estrutural.

Embora o traço 2 não tenha superado a resistência à compressão mínima para ser considerado como concreto leve estrutural, essa mistura apresenta resistência suficiente para ser aplicada em alvenarias não estruturais, como a alvenaria de vedação, e apresenta potencial para redução do peso da estrutura.

Verificou-se uma relação inversamente proporcional entre a resistência à compressão do concreto e o volume de EPS da mistura, na qual as misturas produzidas com dosagens de maior volume de poliestireno expandido (EPS) no concreto apresentaram uma menor resistência à compressão. No entanto, com uma mistura bem equilibrada, a exemplo do traço 3, é possível atingir valores de resistência superiores a 17Mpa.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. L. M de; LUZ, A. B da L. *Manual de agregados para construção civil*. CETEM/MCT. Rio de Janeiro: 2009. 78p.
- AMIANTI, M; BOTARO, V. R. Concreto impregnado com polímero (CIP): uso e aplicação do EPS reciclado para redução da permeabilidade de superfícies de concreto. *Revista Matéria*, Rio de Janeiro: v. 13, n. 4, p. 664 – 673, 2008.
- ARAÚJO, J. M de. *Curso de concreto armado*. 4. ed. Rio Grande: Dunas, v.1, 2014. NBR 5739 de 2018
- ABRAPEX - Associação Brasileira do Poliestireno expandido. *Manual de utilização Eps na construção civil*. Pini, São Paulo, 2006.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C192/C192M: *Standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory*. Pensilvânia, EUA, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação*. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12655: Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento*. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 16889: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*. Rio de Janeiro, 2020.
- ATEX. *Concreto leve: tipos, benefícios e desvantagens*. Atex Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.atex.com.br/blog/tecnologia-da-construcao/concreto-leve-beneficios-e-desvantagens/>>. Acesso em: 10 maio 2021.
- BARBOSA, U. S. et al. Reutilização do concreto como contribuição para a sustentabilidade na construção civil. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro—Unipac* v. 2178, p. 6925, 2018.
- BATTAGIN, A. F. *Guia básico de utilização do cimento Portland*. 10. ed. Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, 2018.
- BATTAGIN, A. F. O cimento Portland no Brasil. In: CONCRETO, I. B. D. *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. 2. ed. São Paulo: Ipsis Gráfica e Editora, v. 1, p. 761-790, 2010.
- BUNDER, J. *O Concreto: sua origem, sua história*. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.
- CARVALHO, C. H. R.; MOTTA, L. A. C. Study about concrete with recycled expanded polystyrene. *Revista IBRACON de estruturas e materiais*, Minas Gerais, v. 12, p. 1390-1407, 2019.
- COSTA, G. V.; GOMES, G. A. M. G. *Uso do concreto leve na construção civil*. FEPEMIG, Minas Gerais, BR, 2020.
- FABRO, F et al. *Influência da forma dos agregados miúdos nas propriedades do concreto*. Revista IBRA-

- CON de estruturas e materiais, São Paulo: v. 4 p. 191-212, 2011.
- FARIA, R. A.; SILVA, S. V.; CAMPOS, T F. N. *Efeito da relação água/cimento e do tempo de cura no processo de carbonatação de estruturas de concreto armado*. Universidade de Goiás, GO, 2019.
- GIACCIO, G et al. High strength concretes incorporating different coarse aggregates. *ACI Materials Journal*, Buenos Aires, ARG: v. 89, n. 3, p. 292-246, 1992.
- GONÇALVES, P.; VASCONCELOS, R. *Avaliação térmica, física e mecânica de blocos de concreto com poliestireno expandido reciclado*. UFA, Amazonas, BR, 2019.
- GROMICKO, N.; SHEPARD, K. *The history of concrete*. Internachi, 2011. Disponível em: <<https://www.nachi.org/history-of-concrete.htm>>. Acesso em: 08 maio 2021.
- GROSS, J.; WAYNE, A. *Guide to cement-stabilized ubgrade soils*. Portland Cement Association, Washington DC, EUA, 2020.
- HANSON, M. *The importance of concrete in construction*. Hanson Heidelberg Cement Group, 2020. Disponível em: <<https://www.hanson.my/en/importance-concrete-construction>>. Acesso em: 07 maio 2021.
- HEDJAZI, S. *Compressive strength of lightweight concrete*. Intechopen, London, UK, 2019.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. 2. ed. IBRACON, São Paulo, 2014.
- POMPEU NETO, B. B. P.; OLIVEIRA, D. R. C.; RAMOS, D. Efeitos do tipo, tamanho e teor de agregado graúdo no módulo de deformação do concreto de alta resistência. *Revista Matéria*, Rio de Janeiro: v. 16, n. 2, p. 690-702, 2011.
- ROSEN, M. A. *Engineering sustainability: a technical approach to sustainability*. MDPI Sustainability, Ontario, CA, v. 4, 2012.
- SIQUEIRA, R. A et al. Análise comparativa entre O concreto usinado e o concreto produzido no canteiro de obra. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro-Unipac* ISSN, v. 2178, p. 6925, 2018.
- STRECKER, K.; SILVA, C. A.; PANZERA, T. H. Fabricação e caracterização de compósitos a base de cimento com incorporação de poliestireno expandido (isopor). *Cerâmica UFSJ*, Minas Gerais, BR, p. 310-315, 2014.
- ZHOU, F. P., BARR, B. I. G., LYDON, F. D. *Fracture proprieties of high strength concrete with varying silica fume content and aggregates*. Cement and Concrete Research, Cardiff – GB, v. 25, n. 3, pp. 543 – 552, 1995.